

⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 26 56 044 C 3

⑬ Int. Cl. 5:  
H 03 M 1/00  
H 03 M 7/30  
H 04 B 1/68  
G 10 L 7/04

⑲ Aktenzeichen: P 26 56 044.1-31  
⑳ Anmeldetag: 10. 12. 76  
㉑ Offenlegungstag: 23. 6. 77  
㉒ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30. 9. 82  
㉓ Veröffentlichungstag  
des geänderten Patents: 24. 1. 91

Patentschrift nach Einspruchsverfahren geändert

⑳ Unionspriorität: ㉔ ㉕ ㉖  
12.12.75 US 640218

㉗ Patentinhaber:  
Western Electric Co., Inc., New York, N.Y., US

㉘ Vertreter:  
Blumbach, P., Dipl.-Ing., 6200 Wiesbaden; Weser, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Kramer, R., Dipl.-Ing., 8000 München; Zwirner, G., Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing., Pat.-Anwälte, 6200 Wiesbaden

㉙ Erfinder:  
Crochiera, Ronald Eldon, Chatham, N.J., US;  
Flanagan, James Loton, Warren, N.J., US; Webber, Susan Anne, North Plainfield, N.J., US

㉚ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 23 59 673 A1  
DE-OS 22 39 450  
DE-OS 22 39 414  
DE-OS 21 27 544  
DE-OS 20 62 681  
US 36 74 939

US-Z.: Proceedings of the IRE, 1947, September, S. 880-884;  
KADEN, Heinrich: Impulse und Schaltvorgänge in der Nachrichtentechnik. München: Oldenburg, 1957, S. 281-289;  
HÖLZLER, Erwin, HOLZWARTH, Herbert: Theorie und Technik der Pulsmodulation. Berlin u.a. 1957, S. 99;  
BORNEMANN, Helmut (Hrsg.): Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens, 18. Jahrgang. Bad Windsheim: Verlag für Wissenschaft und Leben Georg Heidecker, 1967, S. 182-187;  
SCHÜSSLER, Wilhelm (Hrsg.): Ausgewählte Arbeiten über Nachrichtensysteme, Nr. 10: Untersuchungen über Eigenschaften, Entwurf und Realisierung digitaler Filter. Erlangen, 1969, Kap. 4.2.4.3;  
BERANEK, Leo L.: The Design of Speech Communication Systems. In: Proceedings of the IRE, 1947, September, S. 880;  
ENSSLIN, Walter: Einige Verfahren der Sprachver-

schlüsselung auf Funklinien. In: ETZ-B, 1962, Nr. 12, S. 324;  
KRYTER, Karl D.: Methods for the Calculation and Use of the Articulation Index. In: The Journal of the Acoustical Society of America, 1962, Nr. 11, S. 1688;  
KOSONOCKY, W.F., CARNES, J.E.: Basic Concepts of Charge-Couples Devices. In: RCA Review, 1976, September, S. 568;  
SINGH, S., RENNER, K., GUPTA S.C.: Digital Single-Sideband Modulation. In: IEEE Transactions on Communications, 1973, März, S. 255;  
TERRELL, P.M., RAYNER, P.J.W.: A Digital Block-Processor for SSB-FDM Modulation and Demodulation. In: IEEE Transactions on Communications, 1976, Februar, S. 282;

DE 26 56 044 C 3

㉛ Verfahren und Vorrichtung zur Codierung und Übertragung eines Sprachsignals

DE 26 56 044 C 3

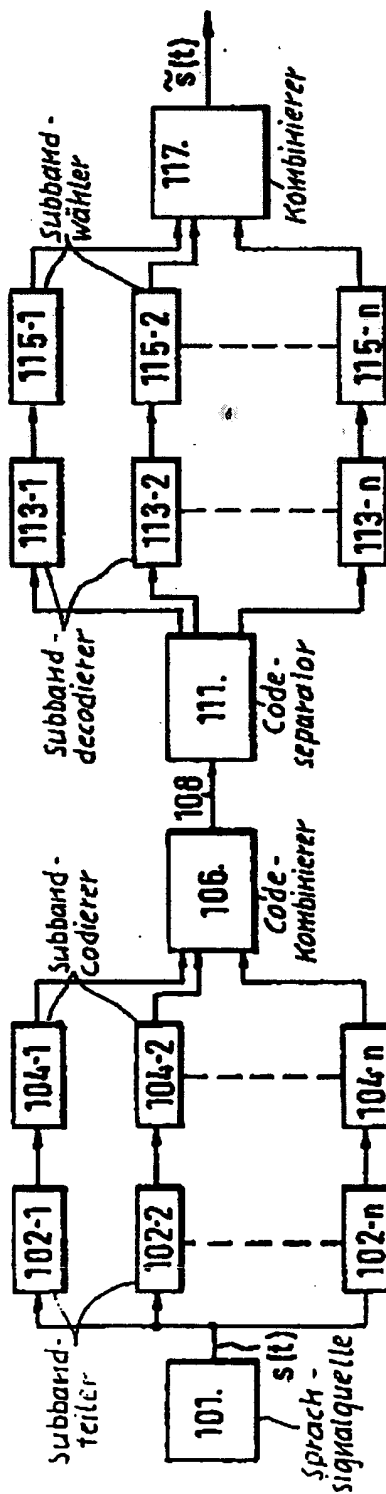


FIG. 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Codierung eines Sprachsignals nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

In Sprachübertragungsanlagen ist es häufig erwünscht, ein Sprachsignal in digitaler Form zu übertragen, um eine sichere Nachrichtenverbindung herzustellen oder die Verständlichkeit des Sprachsignals bei Vorhandensein von Störungen zu verbessern. Eine Analog-Digitalumwandlung des Sprachsignals macht es generell erforderlich, das Signal mit einer Frequenz abzutasten, die doppelt so hoch ist wie der höchste Frequenzanteil des Analogsignals. Ein Sprachsignal läßt sich in einem Frequenzband zwischen 200 und 3000 Hz wiedergeben, so daß eine Abtastfrequenz von 6000 Hz oder mehr erforderlich ist. Bei der Codierung der Signalabtastwerte mit Hilfe einer oder mehrerer Impulsmodulationsverfahren wird eine Vielzahl von Bits entsprechend der Amplitude und dem Vorzeichen jedes Abtastwertes erzeugt. Demgemäß ist die zu übertragende Bitfrequenz wesentlich höher als die Abtastfrequenz. Setzt man die Anzahl von Bits für jeden Abtastwert herab, um die Bitfrequenz zu begrenzen, so wird das sich ergebende Signal entsprechend verschlechtert und das Quantisierungsrauschen aufgrund des Modulationsverfahrens verschlechtert das aus dem Impulscode-Signal wieder hergestellte Signal weiter. Die Quantisierungsverschlechterung überspannt und beeinflußt den gesamten Frequenzbereich des ursprünglichen Sprachsignals. Bei einem bekannten Verfahren (US-PS 36 74 939) läßt sich eine Verringerung der für eine digitale Sprachübertragungsanlage erforderlichen Frequenz dadurch erzielen, daß das Sprachsignal in eine Vielzahl von Subbandabschnitten mit gleicher Bandbreite unterteilt wird. Im bekannten Fall führt eine getrennte Codierung jedes Grundbandsignals zu einer Vervielfachung der Bitfrequenz, so daß nur eine kleine oder keine Verringerung der Bitfrequenz erzielt wird, ohne den Bereich des Sprachsignals zu begrenzen bzw. die Verständlichkeit zu beeinträchtigen.

Die Erfindung geht davon aus, daß die Qualität der Sprachübertragung und die Bitfrequenz miteinander verknüpft sind, wie an einem Beispiel erläutert werden soll. Dazu sei angenommen, daß eine bestimmte Sprachqualität bei einer bestimmten Bitfrequenz erzielt wird. Mit einer verbesserten Übertragungstechnik läßt sich bei gleicher Bitfrequenz die Sprachqualität verbessern. Alternativ dazu kann die ursprüngliche Sprachqualität bei einer verminderten Bitfrequenz erzeugt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Qualität der digitalen Sprachübertragung zu verbessern und/oder die übertragene Bitfrequenz zu verringern.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Auf diese Weise wird die Verständlichkeit des übertragenen und rekonstruierten Sprachsignals bei gleicher Bitfrequenz verbessert oder bei gleicher Sprachqualität durch eine verringerte Bitfrequenz erzielt.

In einem Aufsatz "The Design of Speech Communication Systems" von Leo L. Beranek, erschienen in Proceedings of the IRE, September 1947, Seiten 880 bis 884, wird beschrieben, daß das Sprachspektrum anhand der Fähigkeit einer Nachrichtenübertragungsanlage beschrieben werden kann, Sprache in Gegenwart von Störungen verständlich zu übertragen. Anhand von experimentell durchgeführten Artikulationsprüfungen ist ein Artikulationsindex erzeugt worden, der den Beitrag von

Frequenzbändern des Sprachspektrums in Beziehung zur Verständlichkeit des Sprachsignals setzt. Die Analyse zeigt, daß für das Sprachspektrum ein Frequenzband gegebener Breite einen unterschiedlichen Beitrag zur Verständlichkeit leistet, und zwar abhängig von seiner Frequenzlage im Spektrum. Demgemäß kann eine ungleichförmige Unterteilung des Sprachspektrums in Subbänder für eine digitale Codierung und Übertragung eines Sprachsignals zu einem Abbild des ursprünglichen Sprachsignals mit verbesserter Verständlichkeit führen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sowie auch eine nach diesem Verfahren arbeitende Nachrichtenträgerübertragungsanlage sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen näher beschrieben werden. Es zeigen

Fig. 1 ein allgemeines Blockschaltbild einer digitalen Subband-Sprachübertragungsanordnung als Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 eine digitale Subband-Sprachübertragungsanlage als Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 3 Frequenzspektren zur Erläuterung der digitalen Sprachübertragungsanlage nach Fig. 2.

Fig. 1 zeigt ein allgemeines Blockschaltbild einer digitalen Sprachübertragungsanlage, bei der ein Signal  $s(t)$  aus einer Sprachquelle 101 durch Subbandteiler 102-1 bis 102-n in m Subbänder unterteilt wird. Jeder Subbandteiler wählt ein vorbestimmtes Subfrequenzband des Frequenzspektrums von  $s(t)$  und gibt dieses bezüglich der Frequenz auf das Subband begrenzte Sprachsignal an den jeweils nachgeschalteten Codierer der Subband-Codierer 104-1 bis 104-n. Beispielsweise ist der Subbandteiler 102-1 an den Subbandcodierer 104-1 und der Subbandteiler 102-n an den Subbandcodierer 104-n angeschlossen. Die vorbestimmten, durch die Teiler 102-1 bis 102-n aufgeteilten Subbänder sind Abschnitte des Kurzzeit-Sprachspektrums, die entsprechend dem obengenannten Artikulationsindex auf vorbestimmte Weise zur Verständlichkeit des Sprachsignals beitragen. Demgemäß unterteilen die Teiler 102-1 bis 102-n das Kurzzeit-Sprachspektrum in nicht einheitliche Subbänder, die auf vorbestimmte Weise zur Verständlichkeit beitragen.

Der Subbandabschnitt des Sprachsignals  $W_{1L}$  bis  $W_{1H}$  vom Teiler 102-1 wird mit einer Frequenz abgetastet, die gleich der doppelten Bandbreite  $W_1$  des Subbandes  $W_{1L}$  bis  $W_{1H}$  ist, und durch den Codierer 104-1 in digitale Form gebracht. Der Digitalcode vom Codierer 102-1 wird an einen Code-Kombinierer 106 gegeben. Entsprechend werden die Ausgangssignale jedes anderen Teilers mit einer Frequenz abgetastet, die gleich der doppelten Bandbreite ihres Subbandes sind, und dann durch den zugeordneten Codierer digital codiert. Die sich ergebenden Digitalcodierungen werden an den Code-Kombinierer 106 angelegt. Der Kombiniierer 106 formt aus den Digitalcodierungen eine Impulsfolge, die über einen gemeinsamen Kanal 108 übertragen wird. Der Code-Kombinierer kann Verschlüsselungseinrichtungen bekannter Art enthalten, um eine gesicherte Nachrichtenübertragung zu ermöglichen.

Der Kanal 108 ist an einen Code-Separator 111 angeschlossen, der die Subband-Codierungen aufnimmt und jeden Subbandcode an einen zugeordneten Decodierer der Subbanddecodierer 113-1 bis 113-n anlegt. Der Subbanddecodierer 113-1 wandelt den abgetrennten Digitalcode, der ursprünglich im Codierer 104-1 erzeugt

worden ist, in ein abgetastetes Sprachsignal mit einem Spektrum im Subband  $W_{1L}$  bis  $W_{1H}$  um. Das Ausgangssignal des Decoders 104-1 wird einem Subbandwähler 115-1 zugeführt, der ein dem Subbandabschnitt  $W_{1L}$  bis  $W_{1H}$  entsprechendes Analogsignal liefert. Auf entsprechende Weise liefern die Ausgänge der Subbandwähler 115-2 bis 115-n die Sprachsignalabschnitte  $W_{2L}$ — $W_{2H}$  bis  $W_{nL}$ — $W_{nH}$ . Die Subband-Ausgangssignale der Wähler 116-1 bis 116-n werden im Signalkombinierer 117 zusammengeführt und erzeugen ein Abbild  $s(t)$  des Sprachsignals.

Die Aufteilung des Kurzzeitspektrums eines Sprachsignals in ungleichförmig in Beziehung stehende Subbänder, die in vorbestimmter Weise zur Verständlichkeit beitragen, vor der Codierung der Subbänder ermöglicht eine Optimierung des Digitalcode für jedes Subband auf der Grundlage des Artikulationsindex. Auf diese Weise kann die Verständlichkeit des Sprachsignalabbildes  $\hat{s}(t)$  an vorgegebene Normen angepaßt werden. Bei einer Subbandaufteilung entsprechend der Sprachverständlichkeit, die durch den anhand der Wahrnehmung abgeleiteten Artikulationsindex definiert ist, wird jeder Subbandabschnitt des Sprachsignals in seinem ihm zugeordneten Subbandcodierer mit einer Genauigkeit quantisiert, die auf Wahrnehmungskriterien beruht. Auf diese Weise wird die Qualität des in Subbändern codierten Sprachsignals gegenüber derjenigen verbessert, welche bei einer Codierung des Sprachsignals  $s(t)$  in einem einzigen Vollband erreicht wird, und gegenüber derjenigen, welche bei einer gleichförmigen Aufteilung des Sprachspektrums in Subbänder zu erzielen ist. Die Zuordnung von Bits entsprechend der gewählten Subband-Aufteilung ermöglicht eine Minimierung der Bitfrequenz auf dem gemeinsamen Übertragungskanal, wobei sich eine vorbestimmte Güte der Verständlichkeit für das vom Kombiniierer 117 kommende, wiederhergestellte Sprachsignal ergibt.

Fig. 2 zeigt eine Digitalübertragungsanordnung auf der Grundlage des Prinzips, daß ein durch einen Bandpaß begrenztes Signal zur Transponierung im sog. Alias-Verfahren auf geeignete Weise abgetastet werden kann. Die Sprachsignalquelle 401 in Fig. 2 liefert ein pulsamplitudenmoduliertes Sprachsignal, das mit einer Frequenz von 10 kHz abgetastet ist.

Dieses Signal wird parallel an die Eingänge von Bandpaßfiltern 402-1 bis 402-5 angelegt. Wenn die Bandpaßfilter vom ladungsgekoppelten Typ sind, kann das Sprachsignal direkt zugeführt werden. Diese Bandpaßfilter teilen das abgetastete Sprachsignal in ungleiche Subband-Abschnitte entsprechend dem Artikulationsindex auf. Jedes Subband ist darüber hinaus so gewählt, daß seine untere Frequenzgrenze ein ganzzahliges Vielfaches  $n$  des Durchlaßbandes  $W_m$  und die obere Frequenzgrenze ebenfalls ein ganzzahliges Vielfaches  $n+1$  des Durchlaßbandes  $W_m$  ist. Die Werte  $n$  und  $W_m$  sind für jedes Subband so gewählt, daß das sich ergebende Subband auf eine vorbestimmte Weise zum Artikulationsindex beiträgt. Demgemäß hat das Bandpaßfilter 402-1 eine Bandbreite  $W-1$  von 250 Hz, eine untere Frequenzgrenze von 250 Hz und eine obere Frequenzgrenze von 500 Hz. Entsprechend hat das Bandpaßfilter 402-2 eine Bandbreite von 500 Hz, eine untere Frequenzgrenze von 500 Hz und eine obere Grenzfrequenz von 1000 Hz. Diese Subbänder entsprechen  $n=1$ . Die Bandpaßfilter 402-3 und 402-4 sind auf der Grundlage von  $n=2$  gewählt. Die Bandbreite  $W_2$  des Filters 402-3 beträgt 500 Hz mit einer unteren Grenzfrequenz von 1000 Hz und einer oberen Grenzfrequenz von 1500 Hz.

Entsprechend besitzt das Bandpaßfilter 402-4 eine Bandbreite  $W_4$  von 750 Hz, eine untere Grenzfrequenz von 1500 Hz ( $2 W_4$ ) und eine obere Grenzfrequenz von 2250 Hz ( $3 W_4$ ). Das Bandpaßfilter 402-5 ist auf der Basis von  $n=3$  gewählt, wobei die Bandbreite  $W_5$  750 Hz beträgt, die untere Grenzfrequenz 2250 Hz ( $3 W_5$ ) und die obere Grenzfrequenz 3000 Hz ( $4 W_5$ ) sind. Die Bandpaßfilter 402-1 bis 402-5 teilen das Sprachspektrum in dicht aneinander liegende, nicht einheitlich in Beziehung stehende Subbänder auf, wobei die Frequenzgrenzen der Subbänder ganzzahlige Vielfache  $nW_m$  und  $(n+1)W_m$  der Breite  $W_m$  des Subbandes sind.  $W_m$  kann so gewählt werden, daß die Subbänder nicht aneinander liegen.

Die Kurvenform 701 in Fig. 3 zeigt die Subband-Komponente des Sprachsignals am Ausgang des Bandfilters 402-3, wobei sich das Subband von 1000 Hz bis 1500 Hz erstreckt. Dieses Ausgangssignal wird an eine Abtastschaltung 410-3 angelegt, in welchem das auf das Subband begrenzte Signal mit einer Frequenz von 1000 Hz abgetastet wird. Das Frequenzspektrum des abgetasteten Signals wird durch die Kurvenform 703 dargestellt. Es ergibt sich, daß die Abtastfrequenzen bei Vielfachen von 1000 Hz auftreten. Das Frequenzspektrum am Ausgang der Abtastschaltung 410-3 wird durch die Kurvenform 705 dargestellt. Wie diese Kurvenform zeigt, ist der ursprüngliche Subband-Abschnitt zwischen 1000 Hz und 1500 Hz "verfremdet" (aliased), um Bänder über das Frequenzspektrum zu liefern. Wie oben angegeben, ist jedem der abgetasteten Subbänder eine Anzahl von Bits für die Codierung entsprechend der für die Quantisierung zulässigen Bedeutung des Subbandes zugeordnet.

Jeder Abtastwert von der Abtastschaltung 410-3 wird durch den Codierer 412-3 adaptiv digital codiert und an einen Multiplexer 415 angelegt. Das Ausgangssignal des Bandpaßfilters 402-1 wird mit einer Frequenz gleich der doppelten Bandbreite des Filters 402-1 in der Abtastschaltung 410-1 (500 Hz) abgetastet. Das Ausgangssignal des Bandpaßfilters 402-2 wird in der Abtastschaltung 410-2 mit einer Frequenz von 1000 Hz abgetastet. Das Ausgangssignal des Bandpaßfilters 402-4 wird in der Abtastschaltung 410-4 mit einer Frequenz von 1500 Hz und das Ausgangssignal des Bandpaßfilters 402-5 in der Abtastschaltung 410-5 mit einer Frequenz von 1500 Hz abgetastet. Digitale Codierer 412-1 bis 412-5 liefern Codierungen mit 3, 3, 2, 2, 2 Bits. Diese Bitzuordnung liefert eine Codierung besonders guter Qualität für die 5 gewählten Subbänder. Die Ausgangssignale der digitalen Codierer 412-1 bis 412-5 werden im Multiplexer 415 zu einer gemeinsamen Impulsfolge kombiniert, die an einen Kanal 418 angelegt wird.

Ein Demultiplexer 421 trennt die vom Kanal 418 empfangenen digitalen Codierungen und gibt jeden getrennten Code an einen der Decoder 423-1 bis 423-5.

Die Subbandsignale, die ursprünglich im Codierer 412-1 adaptiv und digital codiert worden sind, werden im Decoder 423-1 zur Erzeugung einer abgetasteten Darstellung des verfremdeten Subbandsignals im Subband zwischen 250 Hz und 500 Hz decodiert. Das abgetastete Signal der Darstellung wird im Interpolator 425-1 interpoliert, der in bekannter Weise 28 Null-Abtastwerte zwischen jedes Paar von aufeinanderfolgenden, vom Decoder 423-1 ankommenden Abtastwerten einfügt. Das Ausgangssignal vom Interpolator 425-1 entspricht dann dem mit einer Frequenz von 15 kHz abgetasteten Subbandsignal. Dieses Signal wird an ein Bandpaßfilter 431-1 mit einem Durchlaßband zwischen

250 Hz und 500 Hz gegeben, um ein analoges Abbild des Subband-Sprachsignals wiederzugewinnen.

Auf entsprechende Weise nimmt der Decoder 423-3 das dem Subband zwischen 1000 Hz und 1500 Hz entsprechende Signal auf und erzeugt eine abgetastete Form des verfremdeten Signals im Subband. Ein Interpolator 425-3 fügt 14 Null-Abtastwerte zwischen die Abtastwerte vom Decoder 423-3 ein und gibt das interpolierte Subband-Signal zum Bandpaßfilter 431-3. Entsprechend der Darstellung in der Kurvenform 707 ist das Frequenzspektrum des Signals am Ausgang des Bandpaßfilters 431-3 ein analoges Abbild des Subband-Abschnittes des Sprachsignals im Subband zwischen 1000 Hz und 1500 Hz. Ein Summierer 435 kombiniert die Ausgangssignale der Filter 431-1 bis 431-5, derart, daß ein Abbild  $\hat{x}(t)$  des ursprünglichen Sprachsignals erzeugt wird. Die entsprechenden Bandpaßfilter 402-1 bis 402-5 sind im wesentlichen identisch mit den Filtern 431-1 bis 431-5.

4 unter Verwendung eines Empfängers bzw. Decodierers nach Anspruch 3.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Codierung eines Sprachsignals unter Unterteilung des Sprachsignals in eine Vielzahl von Subbandabschnitten unterschiedlicher Bandbreite und Erzeugung digital codierter Abtastwerte jedes Subbandabschnittes, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterteilung in Subbandabschnitte so erfolgt, daß jeweils die untere Grenzfrequenz eines Subbandes gleich einem ganzzahligen Vielfachen  $n$  der Subband-Bandbreite und die obere Grenzfrequenz gleich einem ganzzahligen Vielfachen  $n+1$  der Subband-Bandbreite ist, daß die Bandbreiten der Subband-Abschnitte entsprechend maximaler Verständlichkeit gewählt sind und daß jeder Subbandabschnitt mit einer Frequenz abgetastet wird, die gleich seiner doppelten Bandbreite ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der jeden erzeugten Abtastwert darstellende Digitalcode ein adaptiver Code ist.
3. Empfänger bzw. Decodierer für die nach dem Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2 codierten Sprachsignale, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (421) zur Trennung der Digitalcodierungen, einer Vielzahl von Subband-Decodiereinrichtungen (113-1 bis 113- $n$ ), die je eine Einrichtung (423-1 bis 423- $n$ ) zur Erzeugung eines Abtastwerts aus jedem Code eines entsprechenden Subbandes aufweist, ferner eine Interpoliereinrichtung (425-1 bis 425-5), die unter Ansprechen auf die Folge von Abtastwerten aus der Einrichtung zur Erzeugung von Abtastwerten die Abtastfrequenz der Abtastwerte erhöht, und eine Einrichtung zur Erzeugung eines analogen Abbildes des Subband-Sprachsignalabschnittes mit einem Bandfilter (431-1 bis 431-5), dessen Durchlaßband gleich dem gewählten Subband ist, und durch eine Einrichtung (435), die die analogen Abbilder der Subband-Sprachsignalabschnitte zur Wiederherstellung des Sprachsignals kombiniert.
4. Nachrichtenübertragungsanlage, gekennzeichnet durch die sendeseitige Anwendung des Verfahrens zur Codierung von Sprachsignalen nach Anspruch 1 oder 2.
5. Nachrichtenübertragungsanlage nach Anspruch

FIG. 2

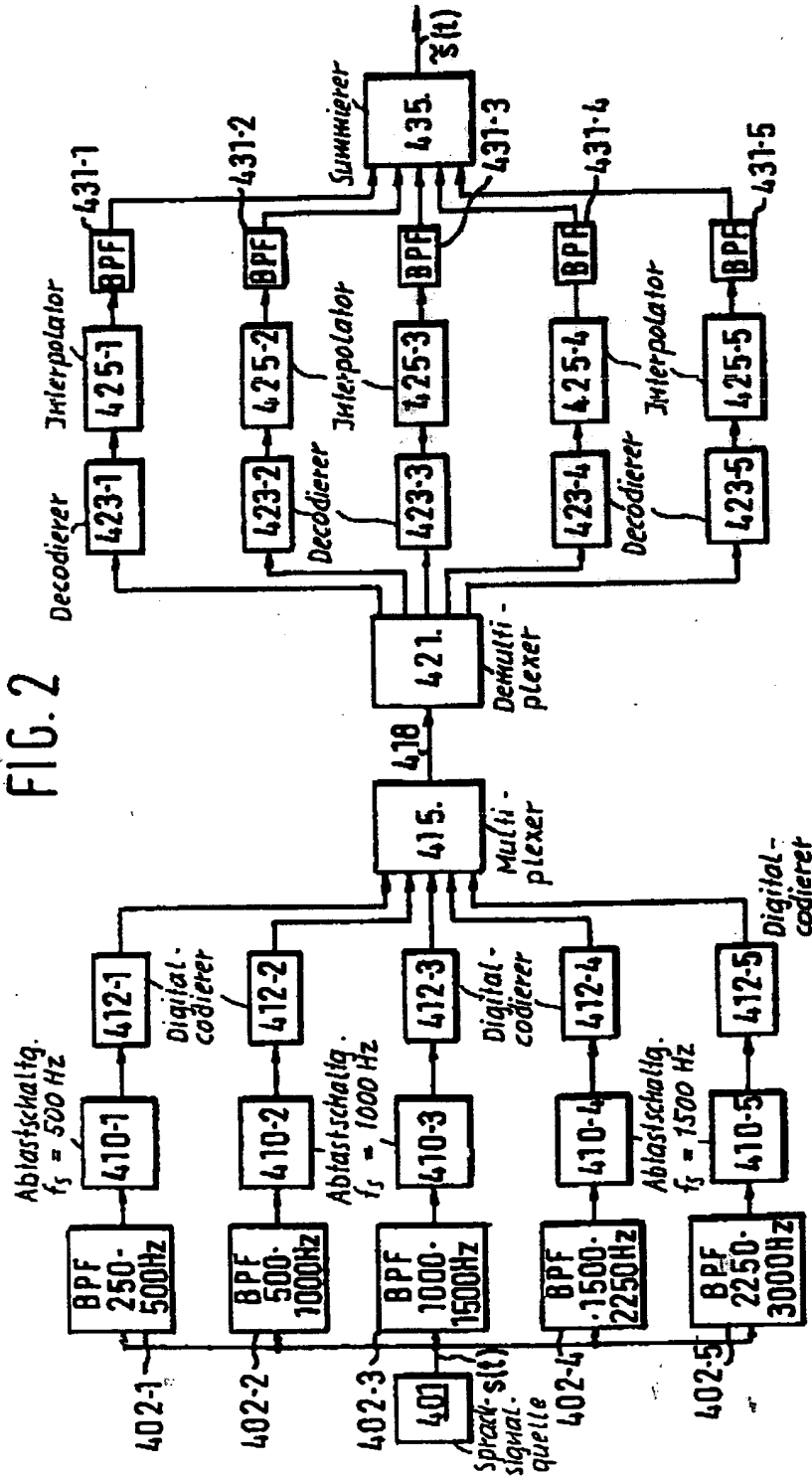
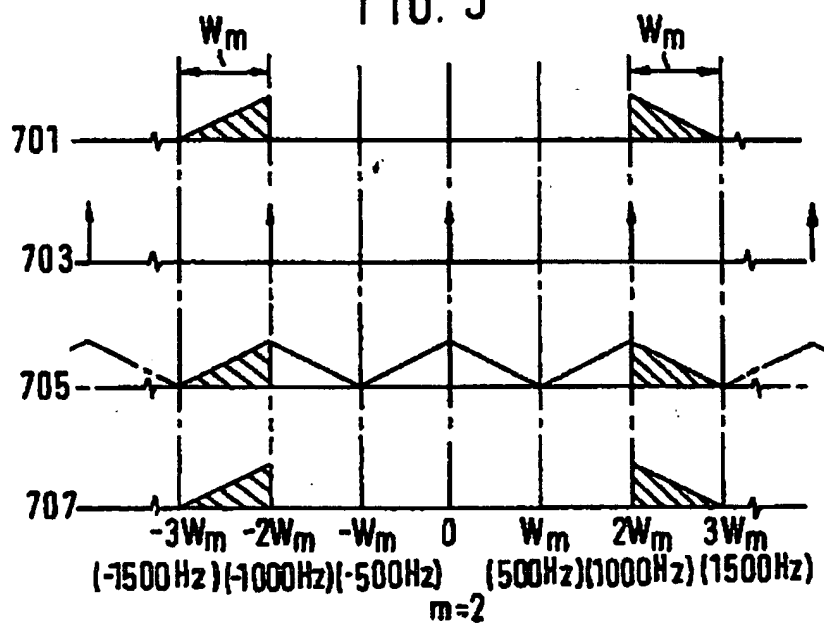


FIG. 3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

DOCKET NO: L&L-I0197

SERIAL NO: 100/008,774

APPLICANT: Dötsch et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**